



BUAP

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

COMPLEJO REGIONAL CENTRO

SEDE TECAMACHALCO

TÍTULO DE TESIS

**“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA
ELABORACIÓN DE UNA BIOPELICULA Y
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS
AGROINDUSTRIALES DE LA CASCARILLA DEL CAFÉ DE
LA SIERRA NORTE DEL ESTADO PUEBLA CON UN
ENFOQUE SUSTENTABLE”**

Fecha: JUNIO del 2023

Tesis presentada para obtener el grado de Licenciatura en:

Ingeniero Agroindustrial

Presenta:

Mayrely Lobato Palacios

Director de Tesis:

Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra

Asesor de Tesis:

MIQ. José Muñoz Flores

Tecamachalco, Pue. 2023.



BUAP

Oficio No. CRC/0677/2023
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. MAYRELY LOBATO PALACIOS
PASANTE DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PRESENTE:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la **Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial** cuyo título es el siguiente:

“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BIOPELICULA Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA CASCARILLA DEL CAFÉ DE LA SIERRA NORTE DEL ESTADO PUEBLA CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE”.

INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN
CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Asesor de Tesis: DR. ALFREDO A. GUZMÁN BECERRA
Asesor de Tesis: MIQ. JOSÉ MUÑOZ FLORES

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR TRES MESES A PARTIR DE ESTA FECHA.**

Sin otro particular, me es grato saludarle.

ATENTAMENTE
“Pensar bien, para vivir mejor”
El Salado, Tecamachalco, Puebla, 20 de junio de 2023


Mtro. Armando José José
Secretario Académico
Complejo Regional Centro



c.c.p Archivo
MAJJ/jmf

Complejo Regional
Centro

Carretera Cañada Morelos km 7.5 El Salado
Tecamachalco, Puebla
222 229 55 00 Ext. 3985



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Complejo Regional Centro
TECAMACHALCO

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN IMPRESIÓN DE TESIS**

Mtro. Ricardo Valderrama Valdez
Director de Administración Escolar
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Por este conducto me permito presentar a Ud. a la C. **MAYRELY LOBATO PALACIOS**
MATRÍCULA 201541554 pasante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Quién presenta como tema de tesis denominado:

“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BIOPELICULA Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA CASCARILLA DEL CAFÉ DE LA SIERRA NORTE DEL ESTADO PUEBLA CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE”

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión física y digital correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Z., a 15 de Junio de 2023

Dr. Alfredo A. Guzmán Becerra
Director de Tesis
Profesor/Investigador de Ing. Agroindustrial
CRC – BUAP Tecamachalco

MIQ. José Muñoz Flores
Director de Tesis
Profesor/Investigador de Ing. Agroindustrial
CRC – BUAP Tecamachalco

AGRADECIMIENTOS

En la vida siempre me han dicho que hay que ser agradecido con aquellas personas que te apoyan en cualquier momento o cuando más lo necesitas, por esto agradezco a las personas que formaron parte de este gran proceso y que me impulsaron a cumplir una meta más en mi vida, de todos ellos tome inspiración, aliento, ánimos y fuerza para seguir adelante con mis estudios y hoy solo me queda por decir gracias a ustedes, lo logre, si se pudo.

Mi mamá Vito: A ti mamá Vito por ser pieza principal de apoyo para empezar y terminar mis estudios, ya que sin tu apoyo no estuviera donde estoy, si ese día no hubieras dicho “vámonos a Puebla”, yo no fuera egresada de la BUAP. Esto es por ti y para ti. Gracias.

Mi mamá Arely: A ti mamá, gracias a tu ejemplo de superación y de ser una mujer exitosa, no sería lo que soy, gracias por siempre luchar para darme lo mejor, solo quiero que estés muy orgullosa de mí

Mi papá Estel: Muchas gracias papá por ayudarme con mis tareas de pequeña, por compartirme de tus conocimientos y siempre decirme que le echara ganas que no me preocupara de lo demás, gracias por confiar en mí, si lo logre.

Mi hermana: Siempre pensé que tenía que ser tu ejemplo, la verdad es que cada quien es como es y ese día me quite una carga muy enorme de encima, esto también es para ti.

Mi pareja Christian: Llegaste en el momento que más te necesitaba, gracias por tu paciencia, amor incondicional y comprensión para esta parte de mi vida, gracias por ese empujón final

Mis amigas Ana y Karen: Agradezco infinitamente su amistad incondicional, gracias a ustedes esta es una de las mejores etapas de mi vida

Mis profesores José, Alfredo, Eduardo, Clemente, Adriana: Agradezco todo su conocimiento compartido, su paciencia y sus consejos, son un gran ejemplo a seguir.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	12
HIPOTESIS	13
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	14
1.1. EL ORIGEN DEL CAFÉ	15
1.1.1. Llegada del café a México	16
Ruta de ingreso y dispersión de café.....	16
1.2. PANORAMA NACIONAL DEL CAFÉ	17
El café en México	17
1.2. ¿QUÉ ES LA CASCARILLA DEL CAFÉ?	18
1.4. COMPOSICIÓN DE LA CASCARILLA	19
1.5. PROPIEDADES DE LA CELUSOSA Y EL ALMIDON	20
1.5.1. Otros polímeros:	21
1.6. TRATAMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA: MECÁNICOS Y TÉRMICOS	22
1.7. INTRODUCCION A LA HISTORIA DEL BIOPLASTICO	23
1.7.1. Algunos antecedentes de trabajos de bioplásticos	28
1.8. ¿QUÉ SON LOS BIOPLÁSTICOS?	28
Tipos y clasificación de los bioplásticos.....	30
1.9. BENEFICIOS DEL BPL (BIOPOLIMEROS) EN EL AMBIENTE	31
1.10. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PLÁSTICO	31
1.11. IMPACTO EN EL AMBIENTE CAUSADO POR LOS PLASTICOS	32
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA	34
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	38
Acondicionamiento de la cascarilla	39
Propuesta de formulación de una biopelícula	40
DIAGRAMA DE FLUJO	42
CAPÍTULO 4 CONCLUSIÓN	43
LIMITACIONES DEL TRABAJO	44
ANEXOS	44
Características del producto	45

- Análisis de porcentaje de humedad 45
- Análisis de elasticidad..... 46

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A BASE DE CASCARILLA DE CAFE 47

8.-BIBLIOGRAFÍA 62

**“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE
UNA BIOPELICULA Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS
AGROINDUSTRIALES DE LA CASCARILLA DEL CAFÉ DE LA
SIERRA NORTE DEL ESTADO PUEBLA CON UN ENFOQUE
SUSTENTABLE”**

GLOSARIO

- Almidón: Es un polisacárido, compuesto por amilosa y amilopectina. Es el principal componente de vegetales, que utilizan como reserva de calorías. Se sintetiza a partir del sol y del agua, se almacena en forma de glucosa, y se forman largas cadenas de polisacáridos que constituyen el almidón.
- Amigable con el medio ambiente: es el acto de vivir con intención. La intención se enfoca en no crear daño al medio ambiente, y prevenir que el mayor daño posible se produzca al medio ambiente a través de sus interacciones con él.
- Biodegradable: Es cuando puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos y condiciones ambientales de distinto tipo. Es decir, cuando hablamos de biodegradabilidad nos referimos a la capacidad de descomposición de algo.
- Biomolécula: es un compuesto químico que se encuentra en los organismos vivos. Están formadas por sustancias químicas compuestas principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, sulfuro y fósforo. Las biomoléculas son el fundamento de la vida y cumplen funciones imprescindibles para los organismos vivos.
- Bioplásticos: Se refiere al plástico hecho de la planta u otro material biológico en lugar de petróleo.
- Cascarilla: Cubierta exterior de algunas semillas, como la de los cereales, el café, etc.
- Celulosa: Es un compuesto químico orgánico muy común en el reino vegetal y en algunos seres del reino protista. En consecuencia, constituye la biomolécula más abundante de nuestro planeta.
- Contaminación: es la presencia en el ambiente de sustancias o elementos dañinos para los seres humanos y los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación, pero básicamente se pueden dividir en: contaminación del aire, contaminación de suelos (tierra) y contaminación del agua.
- Desechos Agroindustriales: son residuos que poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales y recuperar condiciones ambientales alteradas
- Endocarpio: es la capa más interior del pericarpio, es decir, la parte del fruto que rodea a las semillas.
- Lignocelulosa: La lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía
- Materia orgánica: se forma a partir de residuos de procedencia animal o vegetal. Se trata de sustancias que suelen distribuirse por el suelo y que ayudan a su fertilidad.
- Micrómetros: Se utilizan para expresar longitudes tan pequeñas, que en metros o en milímetros, corresponderían a valores fraccionarios. Es decir, se utilizan para facilitar la lectura, escritura y comprensión de longitudes pequeñas.
- Microorganismos: Son seres vivos pequeños que no pueden ser observados a simple vista y por ello se utilizan equipos especializados como los microscopios, típicamente son organismos unicelulares, son considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta.
- Orgánico: procesos asociados a la vida o para referirse a sustancias generadas por procedimientos en que intervienen organismos vivos.

- **Petróleo:** es un aceite mineral de color muy oscuro o negro, menos denso que el agua y de un olor acre característico. Está formado por una mezcla de hidrocarburos acompañados de azufre, oxígeno y nitrógeno en cantidades variables. El petróleo se encuentra sólo en las rocas sedimentarias.
- **Plásticos:** son materiales orgánicos formados por polímeros constituidos por largas cadenas de átomos que contienen fundamentalmente carbono.
- **Plásticos biodegradables:** son aquellos que están fabricados con materias primas renovables, como trigo, maíz o maicena, aceite de soja, patatas, plátanos o yuca.
- **Poder calorífico:** define la cantidad de energía por unidad de masa que puede generar un combustible al producirse una reacción química de oxidación.
- **Poliestireno:** es un plástico versátil usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo. Dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia
- **Polímeros:** es un compuesto químico cuyas moléculas están formadas por cadenas en las que se repite una unidad básica. Esta unidad que se repite se denomina monómero.
- **Polipropileno:** también denominado por las siglas PP, es uno de los materiales plásticos más utilizados, junto con el tereftalato de polietileno. Sus usos abarcan desde textiles y envases hasta dispositivos médicos, material de laboratorio o componentes automovilísticos.
- **Procesador de alimentos:** es un equipo que pertenece a los múltiples tipos de máquina que pueden existir en las cocinas industriales.
La función que tiene el procesador de alimentos industrial como equipo de cocina industrial es el de transformar alimentos a través de procesos como la trituración, el batido, el amasamiento, el rallado, la laminación o el rebanado.
- **Recursos no renovables:** (también llamados recursos agotables) son aquellos recursos naturales que no se pueden cultivar, producir, reutilizar o regenerar a un nivel que pueda soportar su tasa de consumo.
- **Recursos renovables:** son aquellos recursos que nos proporciona la naturaleza y que no están alterados por el ser humano. Una de las características más relevantes de los recursos renovables es que pueden regenerarse de manera natural a una velocidad superior a la de su consumo.
- **Residuos:** es todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar según los tipos de residuo.
- **Solubilidad:** es la capacidad que posee determinada sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo.
- **Subproductos:** es un bien secundario obtenido de un proceso industrial, cuando dicho procedimiento originalmente se llevó a cabo para fabricar otro producto.
- **Sustentable:** Es un adjetivo que indica algo que se puede soportar por sí mismo con razones suficientes que evitan su extinción.
- **Trillado:** consiste en el descascarado o pelado de la cubierta del grano, eliminando por pulimento las cáscaras plateadas y finalmente su clasificación.

INTRODUCCIÓN

El incremento acelerado de generación de residuos de plásticos derivados del petróleo y el aumento en el precio de este recurso no renovable demandan nuevas alternativas de tratamiento, entre las cuales surge una disposición en sustituir plásticos por bioplásticos.

Por este y otro motivos, este proyecto de investigación se centra en crear una biopelícula a base de la cascarilla del café y que logre ser un material base y apto para generar un bioplástico, que además sea sustentable y que a su vez siendo considerado un desecho agroindustrial, se pueda aprovechar, como es el caso con la cascarilla, que de los usos que se le han destinado, no se le ha encontrado uno que se aproveche considerablemente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática generada por el uso excesivo de plásticos convencionales y su efecto contaminante ha llevado a proponer nuevos materiales que sean amigables con el ambiente y que a partir de sus componentes tengan un menor tiempo de degradación con menores costos de fabricación. En base a la problemática planteada se dice que los bioplásticos son la forma más natural de cuidar el medio ambiente.

En la industria cafetera solo se utiliza el grano del fruto en la preparación de bebidas y las demás partes del fruto como por ejemplo la pulpa, son desechos resultantes del beneficio, los cuales son dispuestos o almacenados inadecuadamente, contaminando los cuerpos de aguas y los suelos, generando afectación de los ecosistemas. (Acevedo, 2014).

Actualmente el café se encuentra en un estado de crisis por la recesión global ya que no tiene el mismo valor comercial que hace algunos años atrás. Es por esto que se busca una alternativa diferente a las que existen hoy en día como generación de combustibles o también las que buscan preparar bebidas con la cascara “pulpa”.

JUSTIFICACIÓN

En la agroindustria cafetera solamente se utiliza el 9.5 % del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90.5% son subproductos que se transforman en combustible, papel, te, infusiones, alimento para ganado, entre muchas cosas más.

De los subproductos restantes existe residuos que aún no se les ha encontrado un uso comercial de alto impacto, como el que se pretende realizar con la cascarilla, al ser un producto que representa 42 gr de desecho por cada kilogramo de café (Agudelo, 2012). Además, es materia orgánica que por su alto contenido de lignocelulosa no es de fácil degradación dando como resultado contaminación del espacio donde sea desechado. Ya que la lignocelulosa solo se descompone con tratamientos mecánicos y térmicos que la hacen pasar a celulosa en su mayor composición.

Por esto se pretende realizar una metodología en la que se puede crear un producto con lo que hoy se consideran desechos agroindustriales; por esto se requiere elaborar una propuesta de sustentabilidad amigable con el medio ambiente, acondicionando la cascarilla del café para elaborar con ella una biopelícula, que con otros procesos se pueda logra un bioplástico, porque como sabemos el plástico continuara existiendo, pero los tipos de materiales para crearlos son los que están cambiando, se hacen con componentes más naturales como polímeros y almidones de maíz (fécula), con la semilla del aguacate, con la celulosa, con el bagazo de caña de azúcar y trigo, cascara de naranja, entre otros materiales. Estos resultan ser más costosos, pero si la demanda crece entonces los precios bajaran.

OBJETIVOS

General

- ✚ Proponer una metodología de aprovechamiento de los residuos agroindustriales de la cascarilla del café con un enfoque sustentable para crear una biopelícula.

Particulares

- ✚ Seleccionar una metodología para elaborar una biopelícula con la cascarilla de café.
- ✚ Elaborar un manual para crear una biopelícula con desechos de la cascarilla del café.
- ✚ Sugerir pruebas fisicoquímicas que se puedan realizar para determinar el comportamiento de la biopelícula.

HIPOTESIS

Mediante el residuo del café denominado cascarilla o cisco, con propiedades lignocelulósicas, cuyo componente principal y de importancia en la investigación es la celulosa, se puede elaborar una biopelícula, realizando tratamientos mecánicos y térmicos.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

1.1. EL ORIGEN DEL CAFÉ

El continente africano es el hogar de una gran variedad de especies de café donde encontramos su origen en las tierras de Abisinial, actualmente Etiopia.

Es fácil confundirse con su verdadero origen, ya que antiguas leyendas sobre el cultivo y la costumbre de tomarlo provienen de Arabia. Uno de los más antiguos escritos que hace referencia al café es llamado "The Success of Coffee" (El éxito del café), escrito por Abu-Bek (Originario de la Meca) a principios del siglo XV, y fue traducido al francés en 1699 por Antoine de Gaillard. Los árabes fueron los primeros en descubrir las virtudes y las posibilidades económicas del café, porque desarrollaron todo el proceso del cultivo y lo guardaron como un secreto, además de que trataron de evitar la extradición del producto (Hernandez).



Imagen 1: El origen del café en tierras africanas en lo que hoy se conoce como Etiopia. Imagen obtenida de: <https://cruzeiro.cl/leyenda/>

1.1.1. Llegada del café a México.

La planta del cafeto llegó al país en el año de 1796 a la región de Córdoba, Veracruz. Posteriormente, se introdujeron otras plantas al estado de Michoacán en 1823 y a la región de Tuxtla Chico, Chiapas durante 1847. No obstante, las fechas señaladas, estudios recientes indican que de acuerdo con "El poeta Salvador Novo, que la introducción del cultivo cafetalero a México, data de 1790, lo cual se corrobora con la existencia de una orden real del Gobierno español que en 1792 eximía de impuestos, a los utensilios para el azúcar y los molinos de café que se trajeron.

Ruta de ingreso y dispersión de café



Imagen 2: Representa las rutas del café desde su llegada a México. Imagen obtenida de: <http://www.cafedemexico.mx/nuestra-historia.html>

En el año 2002, el cultivo y producción de café se ha extendido a 12 estados de la República Mexicana, agrupados en cuatro grandes regiones que van desde la

frontera sur que colinda con Guatemala, hasta el estado de Nayarit en el Pacífico Norte. Cada una de estas regiones muestra características propias, pero en su mayoría con condiciones adecuadas para la generación de café de calidad. Sin embargo, el cultivo de café en México, se concentra en cuatro entidades federativas (Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla), las que producen cerca del 85% del total nacional de café verde, mientras que el porcentaje restante se distribuye en ocho entidades (Hernandez).

Durante el ciclo cafetalero 2017/2018 se destinaron 712,015 hectáreas al cultivo del café, de la cuales se cosecharon 629,798 hectáreas. El 94.1% de la producción se ubica en cinco entidades del país siendo la caficultura una actividad predominante gracias a los volúmenes de producción logrados por sus condiciones geográficas y climáticas: los estados como Chiapas aporta 41.3%, Veracruz el 24.4%, Puebla el 15.8%, Oaxaca 8.2%, Guerrero el 4.5% y otros estados sólo participan con 5.9% de la producción nacional.

Aproximadamente el 96% del café producido en el país es variedad Arábica, mientras el 4% es Robusta. Además, cabe subrayar que el 3.2% de la superficie cultivada en café es orgánico. (CEDRSSA, 2019)

1.2. PANORAMA NACIONAL DEL CAFÉ

México ocupa el quinto lugar mundial como productor de café, después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam.

Y dentro de nuestro país, el estado de Puebla es el tercer productor nacional de café (después de Veracruz y Chiapas)

El café en México



Imagen 3: El café en México. Imagen obtenida del sitio: <https://aginformacion.tv/mexico-la-ancestral-ruta-del-cafe-y-el-cacao/>

La producción de café en Puebla se concentra principalmente en la Sierra Norte, en particular, en los municipios de Hueytamalco, Huauchinango, Xicotepec de Juárez, Cuetzalan y Teziutlán; mientras que otra parte de la producción se ubica en la región de Tehuacán, perteneciente a la Sierra Negra. (Camarrillo, 2016)

Con una producción en el estado de Puebla del año 2021 de 143,806.32 toneladas, lo que nos lleva a un equivalente de residuos de cascarilla de 28, 761.26 toneladas aproximadamente. (SIAP, 2021).

1.2. ¿QUÉ ES LA CASCARILLA DEL CAFÉ?

La cascarilla de café o también conocida como cisco o pergamino de café, proveniente del café oro (grano), se obtiene después del proceso de trillado (descascarado), en un beneficio seco de café, o también se puede recolectar mediante el secado solar del grano de café.

La cascarilla es una envoltura cartilaginosa con cierta opacidad y de un color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor, la cual se encuentra localizada en el endocarpio del fruto (Morales, 2015).

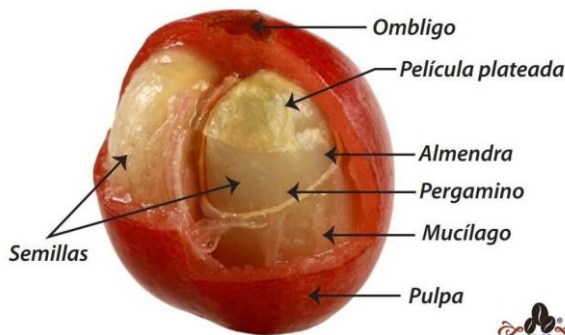


Imagen 4: Partes del fruto del café. Imagen obtenida de: <https://co.pinterest.com/molidoyservido/cultivo-del-caf%C3%A9/?autologin=true>

Imagen 5: Proceso de la obtención de café conocido como trillado. Imagen obtenida de: <http://cafemetilxantin.blogspot.com/2009/09/cafes-de-guatemala-pacamara-y-arabigo.html>

1.4. COMPOSICIÓN DE LA CASCARILLA.

El café cereza se compone de la pulpa y café pergamino. La pulpa está formada por el epicarpio o cáscara o pellejo correspondiendo al 46% del fruto. El mesocarpio o mucílago miel corresponde al 17.18%. El café pergamino está constituido por el endocarpio o pajilla que representa el **18- 20%**. La película plateada representa el 0.2% y el café verde se encuentra en 17-18% del fruto.

Según (Montilla P., 2006) la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: contenido de humedad de un 5 a 8%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5 a 0.6%, mantiene una densidad aparente promedio de 0.33 g/cm³, presenta un contenido de celulosa del 57% de cada 50 gr obtenidos por kilogramo de café cereza. De acuerdo a estudios realizados por (Roa, 2003), el cisco o cascarilla del café presenta las siguientes propiedades: su poder calorífico es de aproximadamente 4180 cal/gr o 7458 kcal/kg, cuya composición en material volátil es de 87.7% y el tamaño de la cascarilla ronda entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro.



Imagen 6: Cascarilla del café. Imagen obtenida de:
Esta imagen es de autoría propia.

1.5. PROPIEDADES DE LA CELULOSA Y EL ALMIDON.

- Celulosa: La celulosa es un compuesto químico orgánico muy común en el reino vegetal y en algunos seres del reino protista. En consecuencia, constituye la biomolécula más abundante de nuestro planeta. Es sintetizada por las plantas y constituye uno de sus compuestos fundamentales, pero los animales no poseen las enzimas necesarias para digerirla (la celulasa). Los seres humanos tampoco podemos alimentarnos de ella, aunque sí tenemos muchos usos industriales para este compuesto.

Por otro lado, puede hallarse en la estructura misma de las células vegetales, o bien en distintas fibras y productos vegetales, como el algodón (hecho en un 90% de celulosa).



Imagen 7: Celulosa obtenida del algodón. Imagen obtenida de: <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%c3%ada-matem%c3%a1ticas/ciencia/what-is-cellulose-definition-4777807/>



Imagen 8: La celulosa está hecha de fibras de papel y cartón estabilizadas. Una vez que se ha usado ese papel o caja, puede reciclarse para hacer aislamiento de celulosa. Imagen obtenida de: <https://celulosa.pro/consumidores/que-es-celulosa/>

- Almidón: Se encuentra almacenado en plantas como gránulos o partículas sólidas que consisten en dos biopolímeros, amilosa y amilopectina.

El almidón puede encontrarse además en otras raíces, frutos, semillas, tubérculos e incluso en bacterias que lo generan como mecanismo de defensa ante situaciones de estrés presentes en su medio.



Imagen 9: Existen varios tipos de almidón el proveniente del maíz como se observa en la imagen, el de papa, yuca, trigo, arroz y otros más. Imagen obtenida de: <https://siempredulces.blogspot.com/2015/11/almidones-o-feculas-materias-primas-reposteria.html>

1.5.1. Otros polímeros:

Lignocelulosa: La lignocelulosa es un polímero muy abundante en la tierra, se encuentra de manera natural en muchas regiones del mundo y representa casi la mitad de la biomasa total, está presente en mucha de la biomasa residual de actividades agrícolas, industriales y forestales, es también el componente principal de las plantas; por lo que se tiene un soporte amplio para su utilización como base para la degradación de sus componentes y la obtención del sustrato base denominado celulosa. Está constituido esencialmente de tres materiales, los cuales son los monómeros degradables de la materia prima principal y cuya composición promedio también se menciona: **la celulosa** principalmente con un 33%, **la hemicelulosa** con un 28%, y **la lignina** con un 24%

Lignina: Es el segundo biopolímero más abundante después de la celulosa, se encuentra en la pared celular de todas las plantas leñosas.

1.6. TRATAMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA: MECÁNICOS Y TÉRMICOS.

Debido a la composición del material lignocelulósico y a la presencia de lignina en el conjunto de estructuras entre los enlaces hemicelulosa-celulosa, se limita la degradación a sus monómeros más simples y aprovechables; por esto es necesario aplicar ciertos tratamientos a la materia prima lignocelulósica para facilitar la remoción de la lignina y facilitar la penetración a sus estructuras más sencillas como la celulosa, la cual es la base para etapas posteriores en la generación de bioplástico, ya que de esta obtenemos glucosa; lo anterior se logra por dos formas de tratamientos: mecánicos y térmicos. En los tratamientos mecánicos, para procesar el material lignocelulósico se somete a un proceso de molienda para lograr la reducción del tamaño de partícula y la cristalinidad; dependiendo de la biomasa a utilizar, y el tiempo de molienda empleada para la reducción del tamaño de partícula.



Imagen 10: Molino tradicional, más usado para el maíz. Imagen obtenida de: <https://www.tiendahogaruniversal.com/molino-tradicional-para-grano/p>

En el pretratamiento térmico, la biomasa lignocelulósica se calienta. Si la temperatura aumenta por encima de 150-180 °C, partes de la biomasa lignocelulósica como la hemicelulosa y poco después la lignina, comenzarán a

solubilizarse dejando a la celulosa más expuesta. La composición estructural de la hemicelulosa y los grupos de ramificación determinan la estabilidad térmica.

Pasando los 180 °C se produce una reacción exotérmica, se da una solubilización de la hemicelulosa. A temperaturas superiores de 160 °C, se causa la solubilización de la lignina.



Imagen 11: Horno eléctrico de uso doméstico. Imagen obtenida de: <https://www.easy.com.co/p/horno-electrico-45-lt-inox-3-nex/>

1.7. INTRODUCCION A LA HISTORIA DEL BIOPLASTICO.

Para conocer de los ayeres del bioplástico tenemos que saber que estos fueron los primeros en existir, es decir, el hombre fabricaba sus herramientas y cualquier otro tipo de objetos de uso cotidiano, a partir de los recursos que le brindaba la naturaleza, como por ejemplo piedras, maderas, etc. Sin embargo, las características de estos materiales no le permitían al hombre fabricar objetos con otras propiedades como flexibilidad, esto lo llevo a tratar de obtener un material distinto que pueda satisfacer esa necesidad. “Se manipulaban los polímeros naturales: el ámbar, el hasta natural, la goma laca, y la gutapercha que son los precursores de los polímeros actuales”. (García, 2009)



Imagen 12: Los primeros materiales plásticos utilizados industrialmente por el hombre fueron de origen natural. Imagen obtenida de: <http://natureplast.eu/le-marche-des-bioplastiques/historique-des-bioplastiques/>

Hasta antes del siglo XIX la utilización de los plásticos naturales era, si no generalizada, sí conocida. Fue a partir de la revolución industrial, debido al rápido aumento de la población y al incremento del estándar de vida en las ciudades, cuando la demanda por bienes materiales elaborados en plástico creció de forma considerable. Tanto en productos ornamentales como para sustituir productos naturales cuya oferta limitada impedía la producción de otros productos de consumo final a gran escala, el uso del plástico desplazó al metal, las fibras naturales, la madera, y se constituyó como un bien alternativo más económico. (K. Yamunaqué, 2018)

Dentro de la historia de los polímeros la elaboración del primer polímero sintético fue a manos de Leo Baekeland. Antes de la Primera Guerra Mundial, se encontraban ya a disposición del público plástico como celuloide, laca, galalih

(caseína), baquelita, acetato de celulosa, fibras como algodón, lana, seda y rayón; y resinas como los recubrimientos de poliéster. A partir de la década de 1940, la tecnología de polímeros se ha desarrollado extremadamente rápido. (Rosales, 2016)



Imagen 13: La baquelita es la primera materia plástica completamente sintética. Un plástico que se endurece con el calor. Imagen obtenida de:
<https://quimicafacil.net/infografias/efemerides/patente-de-la-baquelita/>



Imagen 14: Leo Hendrick Baekeland (1863-1944). Fue quien invento "la baquelita". Imagen obtenida de:
<https://quimicafacil.net/infografias/efemerides/patente-de-la-baquelita/>

Antes de dominar los monómeros procedentes del refinado del petróleo a partir de la década de 1930, muchos objetos cotidianos se fabricaban con polímeros de origen biológico.

Los recursos utilizados eran entonces el caucho natural (descubierto en el siglo XVIII), la celulosa con la Parkesina, el Celuloide o incluso el Celofán a finales del siglo XIX y principios del XX o también los componentes lácteos como la caseína que condujeron a la fabricación de la Galatita en 1897.

Decenas de años más tarde, en 1947, el Rilsan (o Poliamida 11) fue el primer bioplástico técnico que se introdujo en el mercado, avalado por sus excelentes propiedades mecánicas y de resistencia química.



Imagen 15: Hoy en día existen muchas variantes de estos plásticos y son aptos para las aplicaciones neumáticas industriales, para los circuitos de aire comprimido y para el transporte de aceites. Imagen obtenida de: <https://www.zecspa.com/es/productos/neumatico/automatizacion-industrial/tubos-de-rilsanr-t>

A partir de los años 90, le siguieron los bioplásticos más conocidos en la actualidad como el PLA (ácido poli láctico), los PHAs (polihidroxicanoatos) y los almidones plastificados, que se beneficiaron de los rápidos avances en el sector de la química verde y la química blanca para la utilización de biomasa (almidón, azúcares, celulosa, etc.).



Imagen 16: El PLA se deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, y pertenece a los poliésteres como un polímero sintético. Imagen obtenida de: <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/#!>



Imagen 17: El PHAs es el polímero se deriva de microorganismos que se alimentan de algas. Imagen obtenida de: <http://www.cetem.es/actualidad/tecnologica/i/1927/378/nuevo-proceso-para-la-produccion-de-pha-a-partir-de-algas>

Además de los nuevos polímeros de origen biológico y/o biodegradables que emergen regularmente como el PEF (furanoato de polietileno), los principales cambios se basan en la diversificación de los recursos utilizados para producir estos materiales, con la mayor parte de los esfuerzos volcados en el aprovechamiento de coproductos o residuos de diferentes biomásas. (NaturePlast, s.f.)



Imagen 18: El PEF es un nuevo plástico, producido a partir de azúcares vegetales en lugar de combustibles fósiles, permitirá fabricar envases que se degradarán en tan solo un año. Imagen obtenida de: <https://www.puroambienteinformativo.com/2020/07/08/pef-el-nuevo-plastico-de-origen-vegetal-para-reducir-la-contaminacion-ambiental/>

1.7.1. Algunos antecedentes de trabajos de bioplásticos

- María José Valarezo Ulloa, 2012, Ecuador. Desarrolló un biopolímero a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*). En esta investigación se elaboró un biopolímero resistente, flexible y elástico, con características similares a las de un plástico
- Edmundo Arroyo / Hugo Alarcón 2013, Lima Perú. Realizaron unos estudios acerca de la obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz.
- El Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (CITA-UCR), en el 2012 desarrolló un biopolímero a partir de desechos de piña y banano para fabricar bolsas plásticas, cucharas y platos. (Rosales, 2016)

1.8. ¿QUÉ SON LOS BIOPLÁSTICOS?

Los bioplásticos son fabricados a partir de recursos renovables de origen natural, como el almidón o la celulosa (caña de azúcar, maíz, yuca, remolacha, papa). Para crear un bioplástico, se buscan estructuras químicas que permitan la degradación del material por microorganismos, como hongos y bacterias, a diferencia del polipropileno y poliestireno expandido, cuya producción se basa de los derivados del petróleo (recurso que es no renovable). No obstante, **hay que precisar que los plásticos biodegradables pueden proceder del petróleo y no deben confundirse con los bioplásticos.** (QUIÑÓNEZ, 2015)

Se denominan “bioplásticos” (BPL) a aquellos materiales plásticos certificados como biodegradables que tienen su origen en materias orgánicas (recursos agrícolas, forestales y animales), en principio renovables. Los BPL constituyen un subgrupo dentro de los “plásticos biodegradables” (EDP) que, al igual que los BPL se degradan por la acción de los microorganismos, pero pueden tener su origen en fuentes no renovables (recursos fósiles).

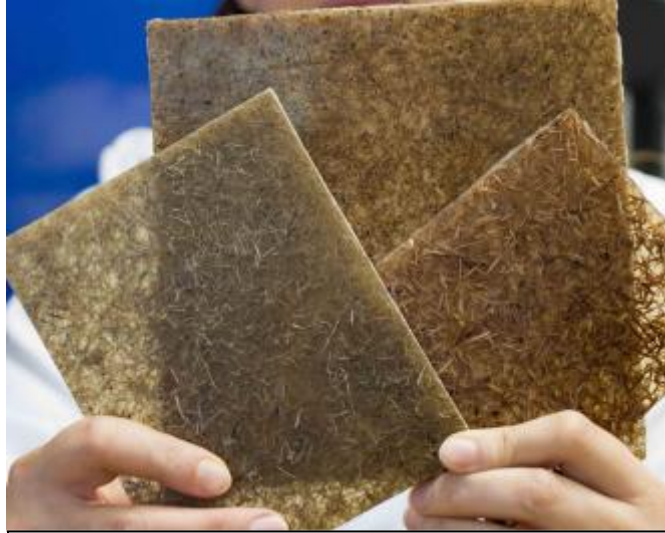


Imagen 19: México ha tomado la delantera en la producción de estos materiales gracias a varios proyectos. Imagen obtenida de: <https://www.elempaque.com/temas/Mexico,-lider-en-produccion-de-bioplasticos+135581>

El siguiente esquema muestra los diferentes tipos de BPL existentes, clasificados en función de su origen:

Tipos y clasificación de los bioplásticos

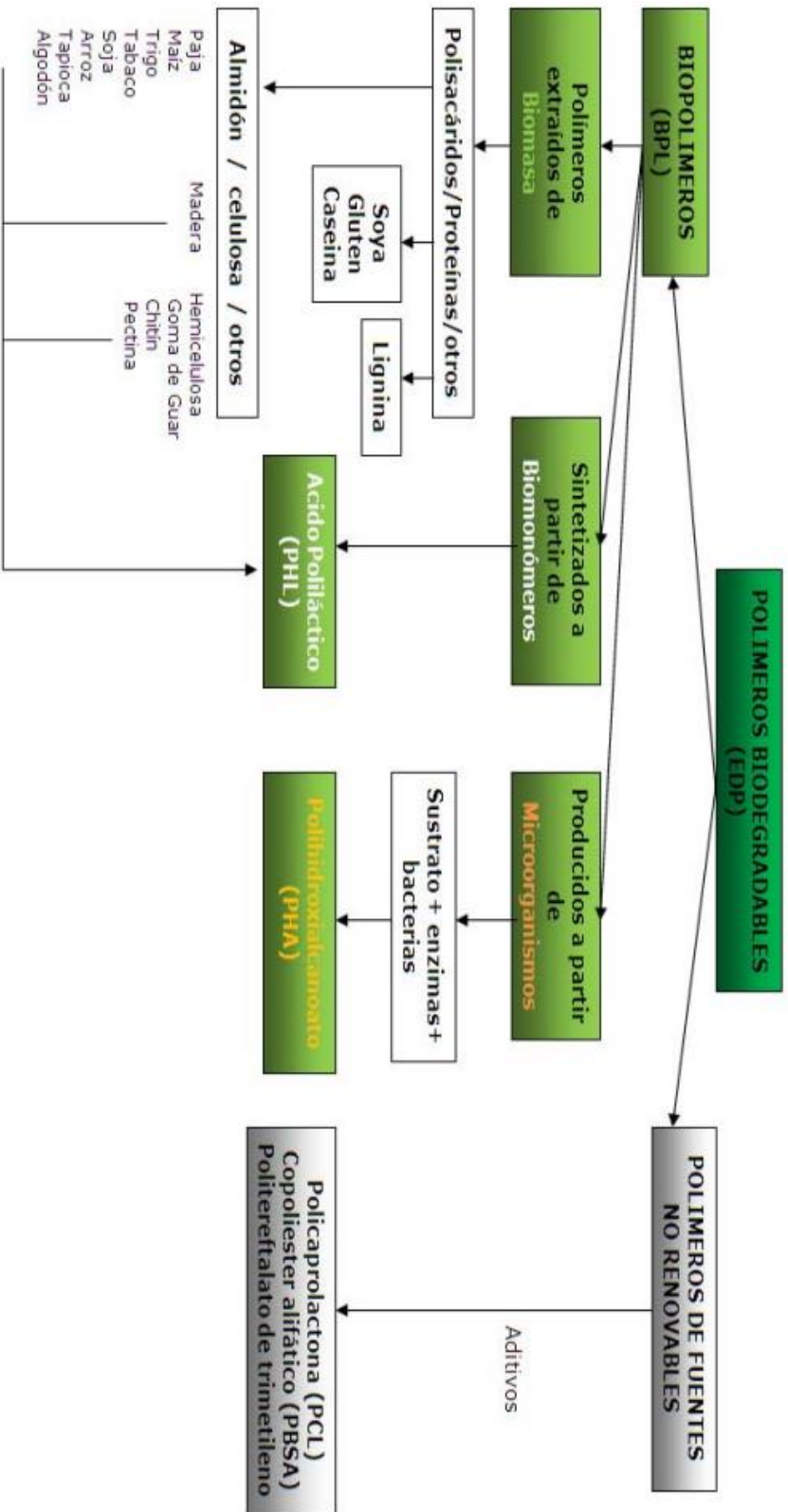


Imagen 20: Los tipos y clasificaciones de los bioplásticos. Imagen obtenida del sitio: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idl/proyecto_bioplásticos_-_resumen_ejecutivo.pdf

1.9. BENEFICIOS DEL BPL (BIOPOLIMEROS) EN EL AMBIENTE

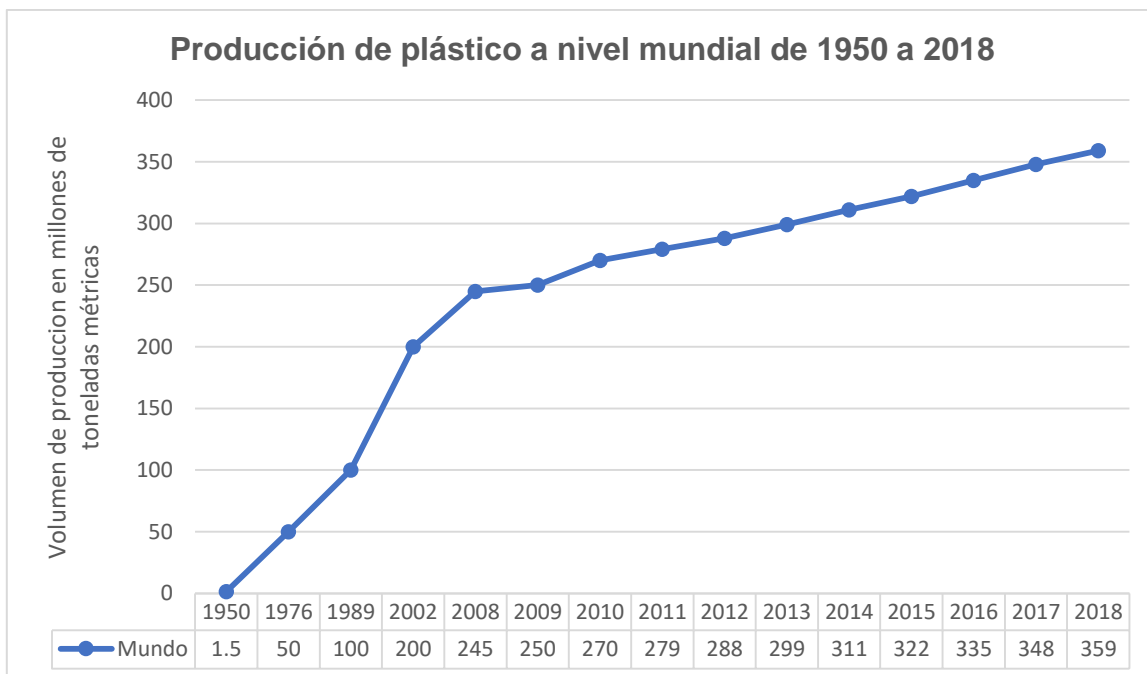
Entre los beneficios que poseen las biopelículas biodegradables se encuentran:

- ✓ Reduce la contaminación de ríos, playas y calles.
- ✓ Alarga la vida útil de los rellenos sanitarios.
- ✓ Crea conciencia ambiental en la comunidad.
- ✓ Aporta un importante paso para reducir la contaminación ambiental
- ✓ Se descomponen al final de su vida útil de manera natural.
- ✓ No genera residuos tóxicos.
- ✓ Fabricadas de materia prima natural, 100% renovable.
- ✓ Su descomposición apenas dura 180 días (Alfonzo et al., 2011)

1.10. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PLÁSTICO

El incremento brutal de la producción de plástico desde 1950 al 2018 solo nos puede indicar la necesidad que tiene que cubrir las fábricas para satisfacer al consumidor, ya que es el principal causante del incremento acelerado por el tipo de vida que se lleva y los malos hábitos que hemos desarrollado a partir de la creación de los plásticos. Si bien nos es de la toda culpa de los fabricantes es la falta de empatía con el medio ambiente lo que hoy es la consecuencia conocida como la contaminación. Poco entendimiento de las 3Rs (reciclar, reutilizar y reducir) con lleva a que el destino de los plásticos afecte a todo el planeta.

A continuación, observaremos una gráfica donde nos dice el aumento mundial en toneladas de la fabricación de los plásticos:



Grafica 1: Producción de plástico a nivel mundial del año 1950 al 2018. Demuestra el incremento acelerado del plástico. Grafica modificada, los datos son tomados de la fuente: es.statista. com.

1.11. IMPACTO EN EL AMBIENTE CAUSADO POR LOS PLASTICOS.

Su impacto en el ambiente ha sido muy negativo por la inadecuada manera de desecharlos y por la falta de cultura de reciclaje de la humanidad, trayendo consigo una contaminación casi irreversible y difícil de controlar ya que existen lugares considerados como “Islas Basura” lo que viene significando gigantescas concentraciones de basura formadas en su mayoría por micro plásticos (menos de cinco milímetros) y plásticos, que flotan en el interior de los giros oceánicos, quedan atrapados en estos inmensos remolinos y las corrientes internas los agrupan. En la actualidad existen 5 islas: la del **Pacífico Norte**, fue descubierta en 1997 por el oceanógrafo estadounidense Charles Moore. En 2017 se confirmó la existencia de la última, en el **Atlántico Sur**, y las otras tres se hallaron en el **Atlántico Norte** (2009), el **Índico** (2010) y el **Pacífico Sur** (2011).

De acuerdo con la Sociedad Océano Azul para la Conservación del Mar, 46.000 pedazos de basura plástica flotan en cada milla cuadrada de superficie del mar, y

cerca de 100.000 mamíferos marinos y un millón de aves mueren anualmente al ingerirlos o quedar atrapados en su trama (SOACM, 2008).

Lo más grave es que los plásticos son fabricados fundamentalmente a partir de petróleo y gas, tienen una vida estimada de 1.000 años, antes de romperse en pequeñas partículas tóxicas. Así, la invasión de esta basura presenta una alarmante senda de acumulación hacia el futuro: de acuerdo con la Agencia Ambiental de los Estados Unidos, en la actualidad se producen en el mundo entre 500.000 millones y un billón de bolsas de plástico por año, esto por solo mencionar las bolsas de plástico, faltando los demás productos a base de plástico (Rodríguez, 2008).



Imagen 21: La isla de basura en el Océano Pacífico, entre Hawái y California, una de las 5 islas de basura que hay en el mundo. Imagen obtenida de: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/alarmante-aumento-de-la-isla-de-basura/>

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

La metodología consta de las siguientes etapas:

Etap 1. Problemática: Con base al tema de interés surge la necesidad del aprovechamiento de unas de las partes del café que no se le ha encontrado un uso adecuado que lo optimice, le dé un valor agregado y que además sea un producto amigable con el medio ambiente.

Etap 2. Lluvia de ideas: Esta lluvia de ideas se realizó con el fin de centrar las ideas principales del tema, ya que al iniciar un tema puede existir ciertas confusiones. Parece un paso sencillo, pero no lo es, es bueno hacer investigaciones de cada idea para respaldar con información veraz. Con este paso definiremos el rumbo de nuestra investigación. El cual se tuvieron varias opciones de tema, pero al final se eligió por una propuesta para la elaboración de una biopelícula, la cual fuese un producto amigable con el ambiente y el cual diera un plus a la cascarilla del café.

Etap 3. Estructura del documento: Con este paso sabremos cuales son los puntos a investigar y que orden tomaran. Se realizó una lista de qué temas y subtemas podrían formar parte del documento.

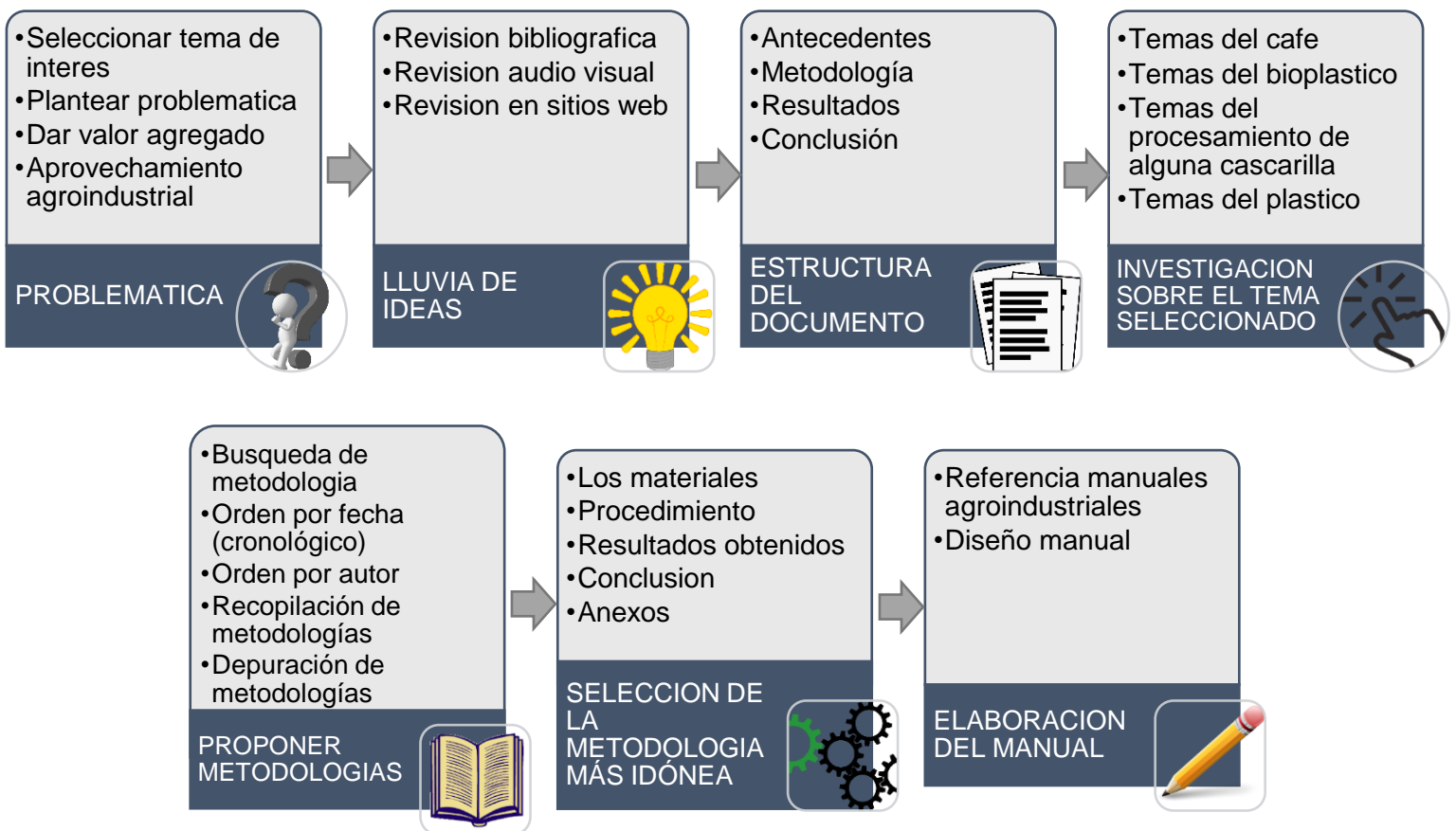
Etap 4. Investigación sobre el tema: En este paso se investigaron todos lo referente al tema iniciando con un investigación y lectura referente al café para centrarnos en el subproducto que es la cascarilla o también conocido como cisco, se indago en que es la cascarilla, un poco de historia del café, en cuál es la composición de la cascarilla, en producción de cascarilla, solo por mencionar algunas investigaciones realizadas para después investigar acerca de cómo acondicionar y que tratamientos seguir para transformar la cascarilla en una biopelícula. Encontrar la metodología más adecuada para obtener la biopelícula fue de las principales investigaciones.

Etap 5. Proponer metodologías: Con todo lo investigado ya se puede acoplar una serie de procesos de trabajos ya realizados que nos lleve a una metodología completa y funcional para que se logre elaborar una biopelícula.

Etapa 6. Selección de la metodología más idónea: Este paso nos servirá para desechar información que es útil para el tema y aprobar aquellos que si lo son y a su vez poder ir plasmando en un documento de manera ordenada como se indicó en un paso anterior.

Etapa 7. Elaboración de un manual: Este último paso, pero no menos importante, nos ayudó a comprobar la metodología propuesta, realizándola así en casa con utensilios de cocina y materiales fáciles de encontrar. Era vital llevar a cabo la metodología ya que garantizaría en cierta parte si es la adecuada para elaborar nuestro bioplástico.

ETAPAS PARA SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA



LLUVIA DE IDEAS

- Revisión bibliográfica: Se revisó el libro *PRODUCCION MODERNA DE CAFE* del cual se obtuvo información de la historia del café, partes del fruto y proceso del café
- Revisión audio visual: Se analizaron los siguientes videos, como *hacer bioplastico de mango o frutas diversas. (plástico biodegradable)*, *BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDON DE MAIZ*,
- Revisión en sitios web: Se visitaron las siguientes páginas de internet, *MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS AL TRANSFORMAR CAFÉ CEREZA A PERGAMINO SECO, ETANOL LIGNOCELULÓSICO, A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ, POR MEDIO DE HIDRÓLISIS QUÍMICA-ENZIMÁTICA Y FERMENTACIÓN*

SELECCION DE LOS ARTICULOS DE INTERES

- Temas del café: *MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CAFÉ, PRODUCCION MODERNA DE CAFE, De ruta por Mexico, Comercio Internacional del café, el caso de México, La producción y el consumo del café, E- Consulta, Café Mexicano, Producción Agrícola.*
- Temas del bioplastico: *DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA EN LA EMPRESA POLÍMEROS DEL NORTE S.A.C., Historia de los Bioplasticos, "OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ" ., Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua.,*
- Temas del procesamiento de alguna cascarilla: *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, "ETANOL LIGNOCELULÓSICO, A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ, POR MEDIO DE HIDRÓLISIS QUÍMICA-ENZIMÁTICA Y FERMENTACIÓN",*
- Temas del plástico: Producción de plástico a nivel mundial, La Isla de Basura del océano Pacífico

LECTURA DE LAS METODOLOGIAS

- Orden por fecha: La lectura de cada documento se llevó a cabo conforme los artículos fueron encontrados y así facilitaba buscar nueva información que hacía falta.

SELECCION DE LA METODOLOGIA

- **Para seleccionar la metodología, se acopló una que fuera la más adecuada tomando en cuenta los siguientes aspectos:**
 - Los materiales
 - Procedimiento
 - Resultados obtenidos
 - Conclusión
 - Anexos

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

Uno de los principales hallazgos y razón para no confundir conceptos son la diferencia entre bioplásticos y plásticos biodegradables. Los bioplásticos son derivados de solo residuos agrícolas o forestales a los que se les conoce como materias primas renovables y los plásticos biodegradables son plásticos fabricados con aditivos biodegradables esto quiere decir que no son producidos 100% con materias primas renovables, sino que estos plásticos se componen de petroquímicos que mejoran su biodegradación.

En cuanto a la metodología a pesar de las limitaciones que existieron, se complementó una con las encontradas en la investigación y se logró una metodología desde mi punto de vista muy completa y con las menores dificultades para realizar un trabajo más ameno y que se puedan obtener los mejores resultados de una biopelícula.

3.1 Propuesta metodológica (resultado de la investigación)

La cascarilla a trabajar fue recolectada de la zona productora de café ubicada en Mazatepec, junta auxiliar de Tlatlauquitepec, estado de Puebla. Se obtuvieron 10 kg de cascarilla que serán utilizados a beneficio del procedimiento a realizar a continuación.

La cascarilla debe pasar por una etapa de acondicionamiento y después todos los materiales a una etapa de elaboración de la biopelícula, la cual consta de los siguientes pasos:

Acondicionamiento de la cascarilla.

1. **Pesado y secado.** El secado es un proceso térmico que consiste en someter la cascarilla a temperatura aproximada de 90°C, según lo que indica el manual de una estufa convencional a gas. Este paso es para eliminar partículas de agua y que a su vez va a facilitar la reducción de tamaño. Pesar 250 gramos de la cascarilla y calentar en un sartén a fuego bajo para evitar que se queme y el tiempo será determinado a través del color que tome la cascarilla ese será el indicativo de que la cascarilla se ha secado. *Nota: Al*

entrar la cascarilla tiene un color amarillo claro y es flexible y al salir tiene que ser un color café oscuro sin dejar que pase a negro y además la estructura debe ser quebradiza.

2. **Molienda o reducción de tamaño.** Introducir la cascarilla en un molino manual para reducir el tamaño de las partículas. Coloca un recipiente para recolectar la cascarilla ya molida. *Nota: En este paso puedes repetir el proceso las veces que sean necesarias hasta lograr sentir al tacto un polvo fino.*
3. **Tamizar.** Pasar por un colador para homogenizar el tamaño de las partículas. Se sugiere utilizar un colador con orificios pequeños. Las partículas de cascarilla que no queden completamente molidas puedes pasarlas de nuevo por molienda.

Propuesta de formulación de una biopelícula.

1. **Pesar los materiales.** El pesado de los materiales debe ser el indicado para que la mezcla obtenga la consistencia deseada.

Se deberán pesar:

- 30 g. cascarilla
- 30 g. de fécula
- 120 ml. de agua
- 30 ml. de glicerina
- 30 ml. vinagre blanco

2. **Mezclar los materiales.** Después del pesado, se mezclan todos los materiales en un recipiente.

3. **Calentar la mezcla.** Al tener los materiales en una sola mezcla, agregamos la mezcla a un sartén y colocamos a fuego bajo en la estufa y comienza a batir hasta que se haga una mezcla homogénea, viscosa y sin grumos. *Nota: Evitar que se queme o se pegue*

4. **Amasar la mezcla.** En este paso podemos verificar y corregir que la mezcla queda sin grumos, pero también este paso nos servirá para darle la forma deseada a la biopelícula, se realiza una placa plana de la mezcla la cual tiene que tener un grosor de 3 milímetros.

5. **Secar la biopelícula.** Este paso se llevará acabo para darle dureza a la biopelícula y que todos los ingredientes se terminen de compactar entre sí.
 - Secado en un horno: Es exponer la biopelícula al calor del horno eléctrico con temperatura de 450°F (232.222 °C) a un tiempo de 1 hora.
 - Secado al sol: Es exponer la biopelícula a condiciones del clima, aproximadamente la biopelícula llega a su dureza de 20 a 30 días, sin control de las condiciones climáticas de la región en la que se realizó.

CAPÍTULO 4 CONCLUSIÓN

Con base a las investigaciones realizadas se determina que la cascarilla de café gracias a su composición logra ser una materia prima apta para la formar parte de una biopelícula, por sus propiedades como la celulosa. Esta metodología agregaría valor a lo que se considera un desecho que se extrae de uno de los procesos de obtención de café el cual es el trillado, generando así un producto amigable con el ambiente y sustentable. Además, que se logró desarrollar una metodología que fue tomada de trabajos ya realizados, pero con algunas modificaciones para que fuese la más adecuada y adaptable hasta para realizarla en el hogar. Es así que se obtuvieron 200 gramos de la biopelícula, la cual se puede proceder a dar la forma deseada y el secado.

En este proyecto encontraras la información que necesitas saber para llevar a cabo la biopelícula y está abierto a investigaciones futuras para diseñar un prototipo de lo que puede ser un plato o un vaso biodegradable o simplemente un producto que sea amigable con el medio ambiente.

LIMITACIONES DEL TRABAJO

Una de las limitaciones del trabajo fue la pandemia ya que al inicio del protocolo se presentó el aislamiento social el cual nos restringió, ocasionando cerrar las puertas de la universidad y los avances y observaciones fueron llevados a cabo en línea o a través de llamadas telefónicas, con la siempre total disposición de mis asesores. Este proyecto contiene información veraz que nos indicara como logra hacer una biopelícula a base de la cascarilla de café, para investigaciones futuras que tengan interés en llevarlo a cabo puesto que con el impedimento de ingresar a los laboratorios no se puede realizar la metodología, ni comprobar resultados y conclusiones. La metodología planteada es realizada con datos de revisiones bibliográficas de otros trabajos que ya fueron realizados.

ANEXOS

En esta parte de anexos encontraremos los análisis que se recomiendan realizar después de diseñar un prototipo ya sea una biopelícula o un producto biodegradable.

Características del producto

- Análisis de porcentaje de humedad

El método para determinar la cantidad de agua presente en la muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en una estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje.

Equipo	Procedimiento
Estufa que alcance 105 °C	1. Pesar en un crisol previamente tarado de 1 a 1.5 g de muestra bien mezclada
Balanza analítica	2. Colocar el crisol con la muestra en la estufa y mantener la temperatura a 105°C durante 4 horas. El periodo de tiempo comienza cuando se tiene la temperatura deseada.
	3. Después del tiempo requerido, transferir el crisol al desecador y esperar a que alcance la temperatura ambiente (20 minutos aproximadamente)
	4. Pesar en la balanza analítica.
	5. Volver a colocar la muestra en la estufa nuevamente por 30 minutos

6. Sacar de la estufa, enfriar nuevamente en el desecador y pesar.

7. Continuar con la desecación hasta peso constante.

Cálculos

Determinar el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(M1 - M2) \times 100}{M}$$

Donde:

M1= peso del crisol más muestra húmeda

M2= peso del crisol más muestra seca

M= peso de la muestra

- Análisis de elasticidad

Prueba de resistencia a la tracción: Es la medida de la capacidad de un polímero a resistir a los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta. Durante este análisis se utiliza una probeta de 5 x 10 cm.

La expresión que se utiliza para calcular este parámetro se presenta a continuación:

$$\text{Resistencia a la tracción } Pa = \frac{\text{Fuerza necesaria para romper la muestra (N)}}{\text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}}$$

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A BASE DE CASCARILLA DE
CAFE

Elaborado por:

Mayrely Lobato Palacios

Tecamachalco, Pue. 2023.

PROLOGO

Despertar la conciencia ambiental es uno de los grandes desafíos hoy en día, por eso es importante abrir nuevas oportunidades a productos que sean de propósito ambiental y/o sustentable.

La intención de este manual es corroborar la información recolectada y que la metodología expuesta sea la más adecuada para elaborar una biopelícula a base de cascarilla de café, también cumplir con el objetivo aprovechamiento de la cascarilla de café, ya que muchos productores la desechan y tras experiencias de ellos se dice que aporta infertilidad a las tierras y hasta llega a contaminar el espacio donde es depositado, se comenta también que su integración con el ambiente es lenta. Además, que la cascarilla se obtiene en gran volumen después de cada proceso de trillado del café en cada cosecha.

Por lo anterior mencionado es importante no hacer caso omiso a las consecuencias que nos trae el mal manejo de nuestros recursos y más los de los no renovables, que están afectando directamente a nuestro planeta, como lo es el plástico.

Estoy completamente segura que la mejor opción sería cambiar nuestros hábitos, prácticamente volver a lo que éramos antes, ya que los bioplásticos ya los conocíamos, los utilizábamos y convivíamos con todo lo natural, sin llegar a ser extremistas.

METODOLOGÍA

Materiales:

- ✓ Cascarilla
- ✓ Fécula de maíz
- ✓ Agua
- ✓ Glicerina
- ✓ Vinagre blanco



Procedimiento:

La cascarilla a trabajar fue recolectada de la zona productora de café ubicada en Mazatepec, junta auxiliar de Tlatlauquitepec, estado de Puebla. Se obtuvieron 10 kg de cascarilla que serán utilizados a beneficio del procedimiento a realizar a continuación

La elaboración de este manual se llevó a cabo con instrumentos que podemos encontrar en el hogar, el cual cada proceso se realizó tal y como es redactado en la siguiente metodología:

1. **Recepción del material:** Se debe considerar contar con todo el material que se pide, ya que cada uno cumple una función y no debe ser omitido.

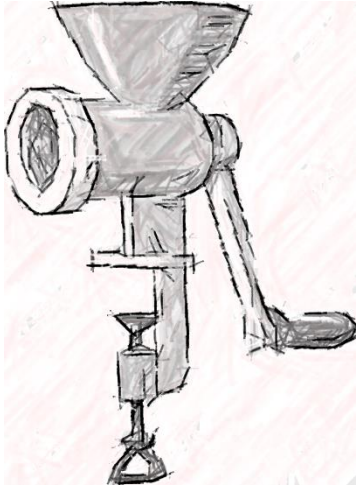
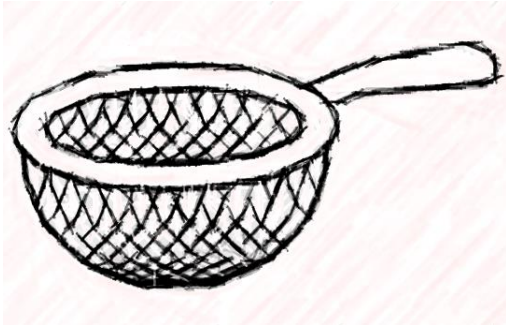




2. **Limpieza de la cascarilla:** Con este paso nos aseguramos que la cascarilla entre al proceso en las óptimas condiciones ya que no debe tener partículas ajenas a la cascarilla. Se realiza la limpieza de 250 gramos de cascarilla en una superficie plana, se expande la cascarilla y se va separando la que va quedando limpia observando que no lleve residuos de tierra, otras semillas, piedras, metales, entre otras cosas que no formen parte de la cascarilla o el café.

3. **Secado de la cascarilla:** Después de la limpieza, pasamos al secado de la misma con el propósito de eliminar la mayoría de humedad o su totalidad, este paso es clave para el siguiente, no debe saltarse. Al quitar la humedad (partículas de agua) nos da cierta seguridad para evitar el crecimiento microbiano y facilita el manejo para la molienda. El secado se lleva a cabo en la estufa con la ayuda de un sartén como si fuésemos asar la cascarilla, hasta que cambie de color, pero sin llegar a un color negro tornándose de amarillo a café oscuro, moviendo constantemente durante



<p>4 minutos o menos, es importante que la cascarilla no se quemé.</p>	
	<p>4. Molienda de la cascarilla: En este paso vamos a hacer la cascarilla del café en polvo (reducir el tamaño), este proceso se puede llevar a cabo en una licuadora o en un molino manual. El indicativo de que este paso se logró es que la cascarilla se convirtió en su totalidad en polvo para facilitar la mezcla de todos los materiales. Es necesario repetir el proceso si no se logra a la primera. Toda la cascarilla que salga del molino se recolectará en un recipiente.</p>
<p>5. Colado de la cascarilla: Este paso puede ser opcional, solo es para garantizar que las partículas de la cascarilla sean del mismo tamaño y tengan textura de polvo, en caso de que si quedan partes de la sin moler se puede volver al paso anterior. Pasas por el colador lo que salió del molino y lo que quede en el colador es lo que podemos devolver, hasta que logremos un polvo fino de la cascarilla.</p>	



6. **Pesado de todos los materiales:**

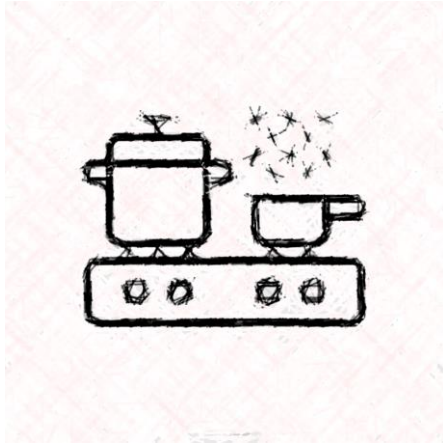
Después de todo el acondicionamiento que se le hace a la cascarilla pasamos a pesar todos los materiales a utilizar, con ayuda de una báscula digital.

- ✓ 30 g. cascarilla
- ✓ 30 g. de fécula
- ✓ 120 ml. de agua
- ✓ 30 ml. de glicerina
- ✓ 30 ml. vinagre blanco

7. **Mezclado de los materiales:**

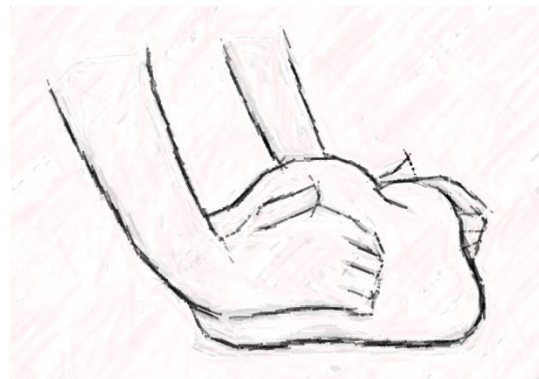
Todos los materiales se juntan en un recipiente y se revuelven hasta lograr una mezcla homogénea, es decir, que no tenga grumos.





8. **Calentado de la mezcla:** El objetivo es cambiar la consistencia de la mezcla con la aplicación del calor. Los materiales cambian su estado físico el cual debe pasar de una mezcla líquida a una mezcla sólida que parezca una masa gelatinosa. Se vierte en un sartén la mezcla y se revuelve hasta que tome una forma gelatinosa, no se debe permitir que se pegue, la estufa se apagara hasta toda la masa tenga la misma consistencia, este proceso sucede rápido.

9. **Amasado:** La masa gelatinosa se tiene que dejar enfriar por pocos minutos, cuando ya sienta que la puedes manejar en las manos, lo que sigue es darle una forma redonda integrando todo el contenido del sartén, para después darle la forma de una tortilla con las manos o apoyándote de un vaso que hará la función de un rodillo de cocina, la forma debe quedar extendida en una superficie plana con un grosor de 3 mm



⇒ **Secado de la biopelícula:**
Este paso se llevará a cabo para darle dureza a la biopelícula y que todos los

	<p>ingredientes se terminen de compactar entre sí.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Secado en un horno: Es exponer la biopelícula al calor del horno eléctrico con temperatura de 450°F (232.222 °C) a un tiempo de 1 hora. ⇒ Secado al sol: Es exponer la biopelícula a condiciones del clima, aproximadamente la biopelícula llega a su dureza de 20 a 30 días, sin control de las condiciones climáticas de la región en la que se realizó.
--	--

RESULTADOS

Se obtuvieron 200 gramos de masa de la propuesta de la formulación de la biopelícula con un grosor de 3 milímetros que después paso al proceso de secado, como una biopelícula sin dar alguna forma o molde.

La biopelícula después del secado presenta las siguientes características como: una buena flexibilidad, dureza, un color café oscuro, parecido al del café grano cuando ya se encuentra tostado.

El resultado del color es de mi agrado ya que podemos imaginar que la biopelícula es de café, aunque sea hecha de cascarilla, una de todas las partes del fruto del café.

Como resultado para sustituir el plástico convencional, la biopelícula es apta para usarse como utensilios de cocina gracias a su gran resistencia y su estructura rígida, pero con flexibilidad para moldear a cada una de las necesidades que se necesiten, principalmente la cascarilla de café gracias a sus características

lignocelulósicas resulto un buen material para la elaboración de un bioplástico, pues es fácil de hacer y desde mi punto de vista podría tener más funciones, como por ejemplo una pasta de una libreta lo que viene siendo las portadas.

Su funcionalidad queda pendiente por experimentar, pero las características y estructura hablan bien de la biopelícula elaborada.

CONCLUSIÓN

Nuestra vida cotidiana y el gran incremento de la población nos orilla aun cambio constante para cubrir nuestras necesidades, por eso se inventan cosas que faciliten lo que hacemos, por eso se inventó la comida instantánea y la de lata y con ella muchas cosas más como el plástico que hoy nos trae graves consecuencias ambientales, siempre tuve muy claro el enfoque que quería tomar en mi trabajo y es el ambiental y lo sustentable, lo cual me llevo a la búsqueda de la mejor metodología o las más apta para elaborar un biopelícula, la cual se puede comprobar en este manual, ya que se pudo llevar a cabo cada proceso y experimentar con los materiales y los instrumentos del hogar utilizados.

Considero que este trabajo al llevarse a cabo tendría un gran impacto positivo, ya que se aportaría un producto de aprovechamiento sustentable y amigable con el ambiente.

ANEXO FOTOGRAFICOS

En este anexo de fotografías podrás observar cómo se llevó a cabo el procedimiento de la elaboración de la biopelícula, además se visualizan los materiales y herramientas que se usaron y que son comunes de encontrar en la cocina.

Etapas del proceso:

1. Acondicionamiento de la cascarilla: En este paso observaremos la recepción de los materiales y el acondicionamiento que se le da a la cascarilla para que sea apta para la formulación de la biopelícula.



Fotografía 1: En esta foto se muestra la recepción de la materia prima para elaborar la biopelícula.



Fotografía 2: Se observa la coloración de la cascarilla antes del secado.



Fotografía 3: En la fotografía se observa la coloración de como debe quedar la cascarilla después del secado.



Fotografía 4: Se observa el proceso de la molienda con un molino manual.



Fotografía 5: En esta fotografía se observa el proceso de tamizado el cual se realizo con un colador de cocina.

2. Formulación de la biopelícula: En esta etapa donde pasamos a elaborar la biopelícula con la metodología seleccionada, encontraras el pesado, el mezclado y calentamiento como el resultado final del procedimiento.



Fotografía 6: Se observa el proceso del pesado de los materiales, las medidas fueron tomadas con una cuchara sopera y de capacidad colmada.



Fotografía 7: Se observa el proceso cuando se mezclan todos los materiales.



Fotografía 8: Se observa como debe quedar la consistencia de la mezcla después del proceso de calentamiento .



Fotografía 9: Se observa el proceso del moldeado y como quedo la masa gelatinosa después de que se enfrió.



Fotografía 10: Se observa como queda la biopelícula después de ser moldeada, este es el penúltimo proceso antes de ser sometida al secado.

8.-BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, H. G. (1 de Noviembre de 2014). *MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CAFÉ*. Obtenido de MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS AL TRANSFORMAR CAFÉ CEREZA A PERGAMINO SECO.: <https://residuossolidosdelcafe.blogspot.com/>
- Agudelo, J. M. (2012). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS*. Obtenido de Beneficios del cafe: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO_RESIDUOS_SOLIDOS_BENEFICIO_CAFE.pdf
- Camarrillo, G. (16 de Agosto de 2016). *De ruta por Mexico*. Obtenido de Produccion del cafe en Puebla: <https://derutapormexico.blogspot.com/2016/08/produccion-de-cafe-en-puebla.html>
- CEDRSSA. (Julio de 2019). *Comercio Internacional del café, el caso de México*. Obtenido de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/94Caf%C3%A9%20-Producci%C3%B3n%20y%20Consumo.pdf>
- Haarer, A. E. (1984). *PRODUCCION MODERNA DE CAFE*. CONTINENTAL.
- Hernandez, E. F. (s.f.). *La producción y el consumo del cafe*. Obtenido de Libro del cafe: https://ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf
- K. Yamunaqué, F. M. (17 de Noviembre de 2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA EN LA EMPRESA POLÍMEROS DEL NORTE S.A.C*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3830/PYT_Informe_Final_Proyecto_BOLSASBIODEGRADABLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales, O. V. (Marzo de 2015). *“ETANOL LIGNOCELULÓSICO, A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ, POR MEDIO DE HIDRÓLISIS QUÍMICA-ENZIMÁTICA Y FERMENTACIÓN”*. Obtenido de Cascarilla de Cafe: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41986/VazquezMoralesOscar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NaturePlast. (s.f.). *Historia de los Bioplásticos*. Obtenido de <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplásticos/historia-de-los-bioplásticos/#:~:text=Hist%C3%B3ricamente%2C%20los%20primeros%20materiales%20biopl%C3%A1sticos,con%20pol%C3%ADmeros%20de%20origen%20biol%C3%B3gico>
- Núñez, E. (5 de Agosto de 2017). *E- Consulta*. Obtenido de Economía: <https://www.economia.com/nota/2017-08-05/economia/escala-puebla-tercer-lugar-como-estado-productor-de-cafe>

QUIÑÓNEZ, I. A. (Enero de 2015). "OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ". Obtenido de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>

Rosales, A. d. (Junio de 2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

SAGARPA. (2017). *Cafe Mexicano*. Obtenido de Cafe: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf

SIAP. (2021). *Produccion Agricola*. Obtenido de Produccion anual del cafe: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

